



Analisis Kerapatan Kelurusan (*Lineament Density*) sebagai indikator tingkat permeabilitas di Lapangan Panasbumi Suoh-Sekincau, Lampung

Received 31st July 2019
Accepted 29th October 2019
Published 31st December 2019

Open Access

DOI: 10.35472/jsat.v3i2.212

Mochamad Iqbal* dan Bella Restu Juliarka

Teknik Geologi, Institut Teknologi Sumatera, Jalan Terusan Ryaucudu, Lampung Selatan, Lampung, 35365.

*Corresponding E-mail: mochamad.iqbal@itera.ac.id

Abstract: The aim of this research is to analyze the lineament density in the research area which lies in Suoh-Sekincau geothermal field that is located at West Lampung Regency, Lampung Province. The lineament density is processed by using satellite image as the input data. The image that used in this research is digital elevation map (DEM) which can be downloaded in Badan Informasi Geospasial (BIG) website. The image is processed by using Geomatica 2015 and Arcgis software and produces lineament density map with various groups of value from high to low. Geology of the study area is dominated by volcanic rock with a dominant lineament of trending northwest-southeast and is part of the Great Sumatran Fault in the Semangko segment. The morphology of the study area consists of ridges and several mountain peaks with the existence of pull-apart basins on Lake Suoh. From the lineament density map produced, around Mount Sekincau has a high value and it is interpreted that the area has a good level of permeability. In addition, the area around Lake Suoh also has a high-density value. This high-density area is a good area as a geothermal recharge area.

Keywords: *remote sensing, geothermal, Suoh-Sekincau, lineament density, Lampung.*

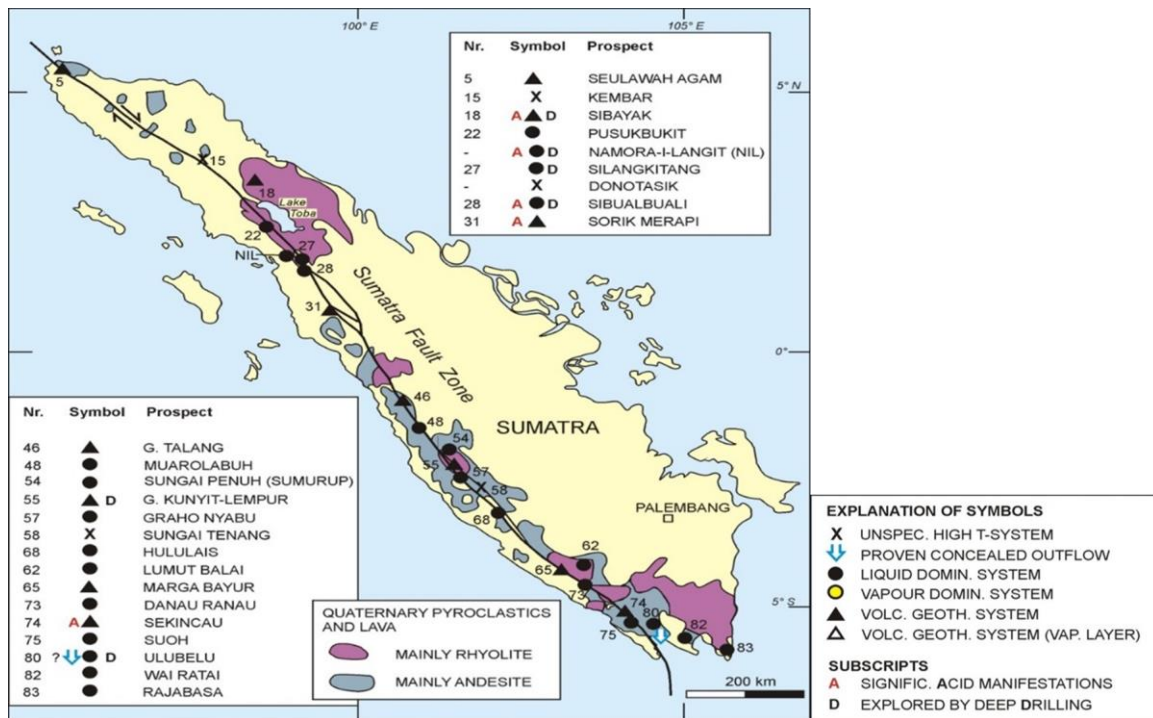
Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kerapatan kelurusan di daerah penelitian yaitu di lapangan panasbumi Suoh-Sekincau yang terletak pada Kabupaten Lampung Barat Provinsi Lampung. Kerapatan kelurusan diproses dengan menggunakan citra satelit berupa *digital elevation map* (DEM) yang diunduh pada laman Badan Informasi Geospasial (BIG). Citra tersebut diolah dengan menggunakan perangkat lunak Geomatica 2015 dan Arcgis dan menghasilkan peta kerapatan kelurusan dengan berbagai kelompok nilai dari tinggi hingga rendah. Geologi daerah penelitian didominasi oleh batuan gunungapi (volkanik) dengan kelurusan dominan berarah barat-laut-tenggara dan merupakan bagian dari Sesar Besar Sumatera pada segmen Semangko. Morfologi daerah penelitian terdiri dari punggung dan beberapa puncak gunung dengan adanya cekungan *pull-apart* pada Danau Suoh. Dari peta kerapatan kelurusan yang dihasilkan, pada sekitar Gunung Sekincau memiliki nilai yang tinggi dan diinterpretasikan bahwa daerah tersebut memiliki tingkat permeabilitas yang baik. Selain itu daerah di sekitar Danau Suoh juga memiliki nilai kerapatan yang tinggi. Daerah dengan densitas tinggi ini merupakan daerah yang baik sebagai daerah resapan panasbumi.

Kata Kunci : penginderaan jauh, panasbumi, Suoh-Sekincau, kerapatan kelurusan, Lampung.

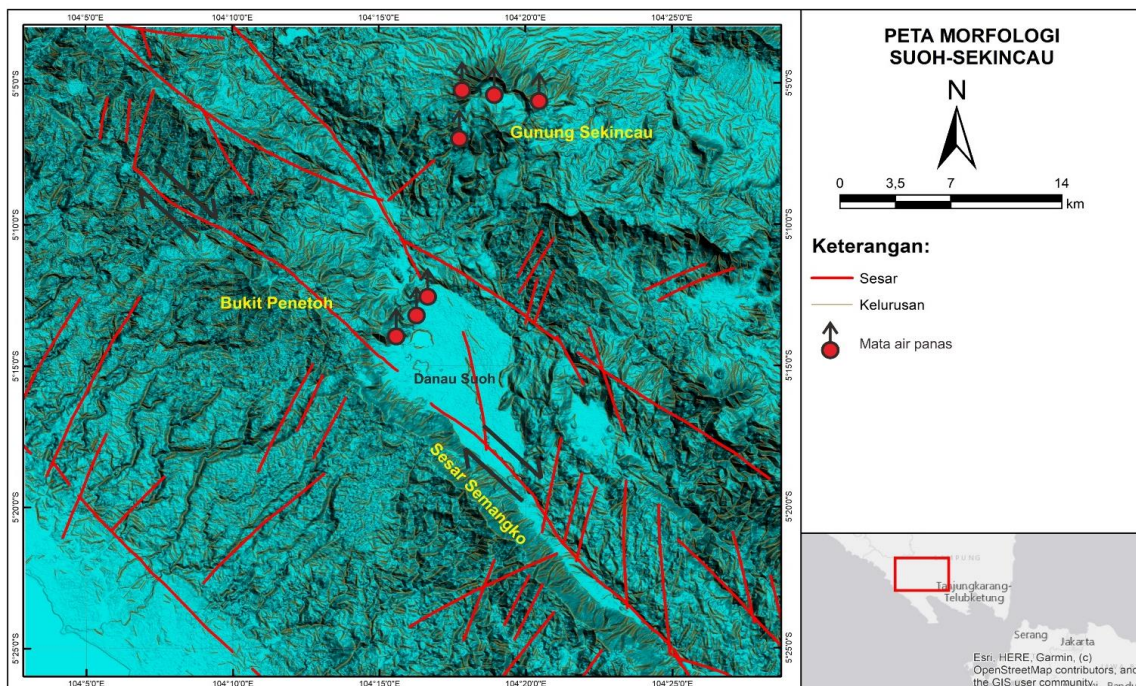
Pendahuluan

Secara umum, penginderaan jauh merupakan metode yang dilakukan untuk mengumpulkan data atau informasi tanpa perlu menyentuh objek yang akan diteliti [1]. Dalam hal ini, penginderaan jauh (*remote sensing*) dapat dilakukan dengan menggunakan citra satelit (misal: Landsat-8, ALOS PALSAR, Radar, Sentinel, dll) maupun foto udara. Belakangan ini, penginderaan jauh sering digunakan dalam eksplorasi panasbumi karena dianggap memiliki banyak keunggulan. Daerah potensi panasbumi sering kali terletak pada daerah yang *remote* atau terpencil sehingga akses ke daerah penelitian akan

menghabiskan biaya yang lebih besar. Oleh karena itu analisis dengan menggunakan citra satelit dinilai lebih efektif sebagai studi pendahuluan sebelum ke lapangan. Penginderaan jauh atau dengan menggunakan citra satelit telah banyak digunakan dalam eksplorasi panasbumi terutama dalam *preliminary study* untuk menentukan pola kelurusan serta tubuh gunungapi dengan menggunakan citra DEM (*digital elevation map*) [2]–[4]. Kelurusan geologi di permukaan dapat menjadi manifestasi dari struktur geologi bawah permukaan yang mencerminkan suatu proses tektonik di dalam kerak bumi sebagai indikasi adanya mineralisasi, distribusi airtanah, bencana geologi, potensi panasbumi, gempa,



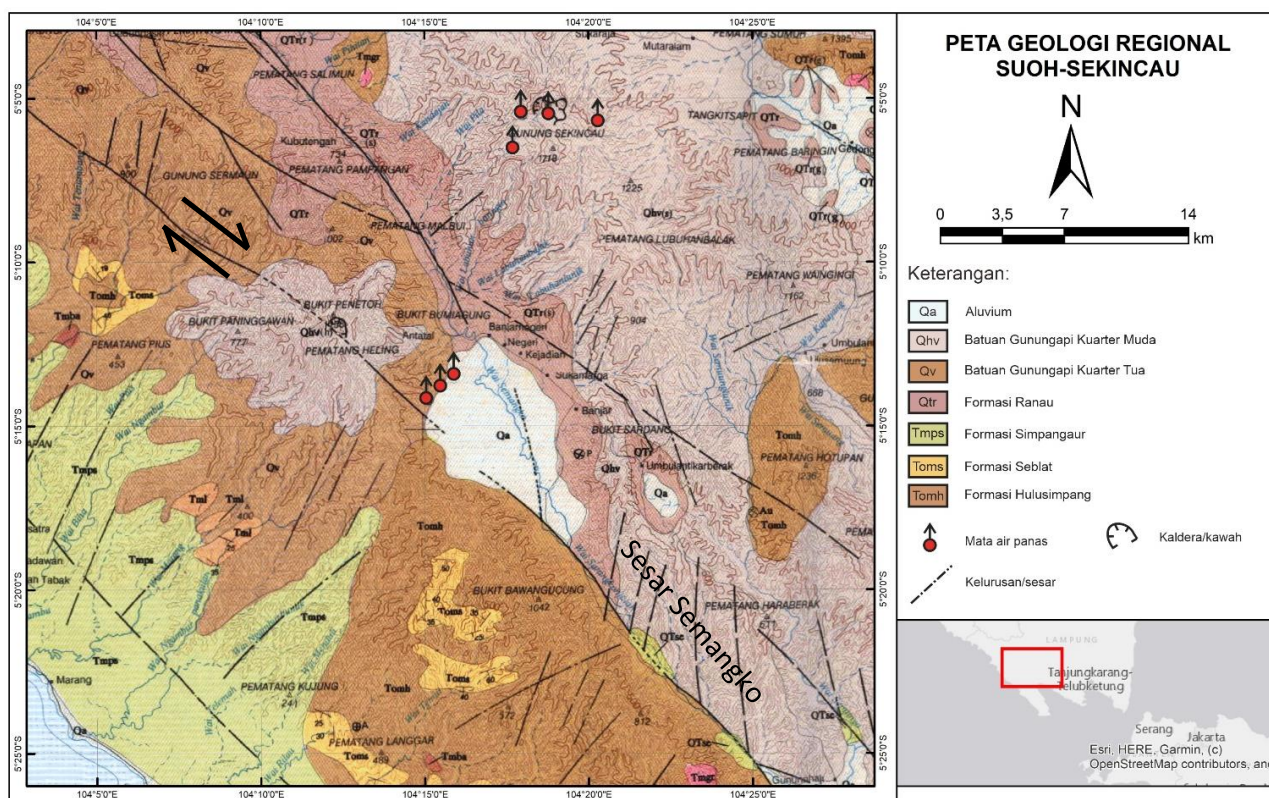
Gambar 1. Lokasi titik potensi panasbumi dengan sistem temperatur tinggi di Sumatera [10].



Gambar 2. Morfologi daerah Suoh-Sekincau.

dan geomorfologi [5]. Selain itu, citra *Thermal Infrared* (TIR) dan *Synthetic Aperture Radar* (SAR) dapat dilakukan untuk mendeteksi adanya anomali panas di permukaan yang dapat diinterpretasikan sebagai manifestasi permukaan pada lapangan panasbumi [6]. Pada studi

yang lebih lanjut, citra Landsat dapat dioptimalkan untuk memetakan zona mineral alterasi hidrotermal pada suatu wilayah [7]–[9].



Gambar 3. Peta geologi daerah penelitian [15].

Pulau Sumatera sendiri merupakan salah satu pulau di Indonesia yang memiliki banyak titik potensi panasbumi yaitu 93 lokasi dengan total potensi sekitar 12 GW [10], [11]. Salah satu potensi panasbumi yaitu berada di Suoh-Sekincau yang terletak di Provinsi Lampung (Gambar 1). Titik potensi ini merupakan gabungan dari potensi panasbumi yang ada di Danau Suoh dan Gunung Sekincau dengan potensi sekitar 400 MWe [11]. Pada tahun 2010, Wilayah kerja perusahaan (WKP) Suoh-Sekincau telah dilelang dan dimenangkan oleh PT. Chevron Geothermal, namun perusahaan tersebut mengembalikan WKP ke pemerintah sehingga pemerintah melakukan proses tender ulang di tahun 2016 [12]. Berdasarkan hasil eksplorasi yang telah dilakukan oleh Pusat Sumberdaya, Mineral, Batubara, dan Panasbumi (PSDMBP), reservoir pada sistem Suoh-Sekincau tergolong ke dalam sistem dengan temperatur tinggi yaitu $>250^{\circ}\text{C}$ [11].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelurusan yang terbentuk pada daerah panasbumi Suoh-Sekincau. Kelurusan tersebut ditarik dari citra satelit berupa DEM (*Digital Elevation Map*) Nasional sebagai *input* awal (Gambar 2) dengan menggunakan perangkat lunak Geomatica 2015. Kemudian kelurusan yang telah dibuat akan diterjemahkan ke dalam bentuk peta densitas kelurusan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS yang selanjutnya akan dianalisis. Selain itu, analisis DEM

juga dilakukan untuk melihat morfologi dan struktur geologi yang terbentuk di daerah penelitian.

Geologi Daerah Penelitian

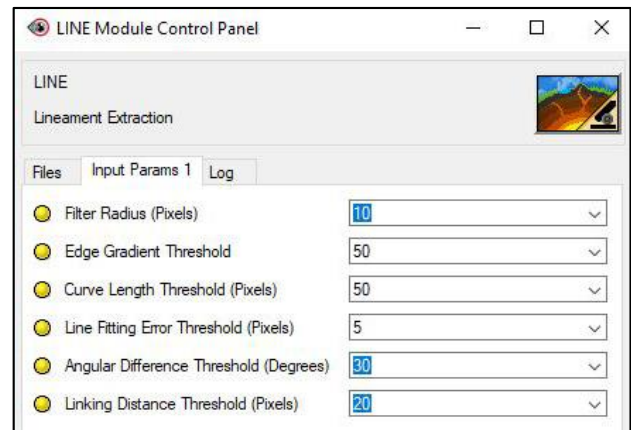
Daerah penelitian terletak pada potensi panasbumi Suoh-Sekincau yang berada di Kabupaten Lampung Barat, kurang lebih 150 km sebelah Barat Bandar Lampung. Secara morfologi, daerah penelitian (Danau Suoh dan Gunung Sekincau) termasuk ke wilayah Bukit Barisan Sumatera yaitu busur gunungapi berumur Tersier-Kuarter (*volcanic arc*) yang terbentuk akibat subduksi Lempeng Indo-Australia di bawah Lempeng Eurasia yang dilewati oleh Sesar Besar Sumatera (*Great Sumatran Fault*) dengan arah barat-laut-tenggara [13]. Morfologi daerah penelitian didominasi oleh topografi yang terjal dengan adanya rendahan pada bagian tengah yang merupakan Danau Suoh (Gambar 2). Pada bagian baratnya daerah penelitian topografi menjadi semakin landai hingga ke pantai barat Sumatera. Struktur geologi pada daerah penelitian didominasi oleh kelurusan berarah barat-laut-tenggara dan merupakan segmen dari Sesar Besar Sumatera pada Segmen Semangko [13]. Pada bagian tengah terdapat cekungan yaitu Danau Suoh yang merupakan danau yang terbentuk akibat sesar *strike-slip* dan membentuk *pull-apart basin* [14]. Sesar atau patahan

merupakan bidang lemah yang dapat bertindak sebagai jalur fluida mengalir.

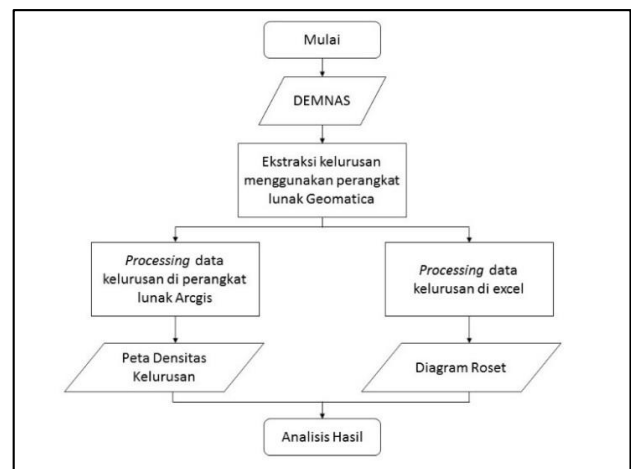
Geologi daerah penelitian terdiri dari beberapa formasi batuan yang diendapkan dari tua ke muda [15], yaitu (**Gambar 3**): Formasi Hulusimpang (Tomh) yang disusun oleh breksi gunungapi-lava-tuf, Formasi Seblat (Toms) yang disusun oleh perselingan batupasir-batulempung-batulanau-gampingan, Formasi Simpangaur (Tmps) yang disusun oleh batupasir tufan-tuf, Formasi Ranau (QTr) yang disusun oleh breksi batuapung-tuf, Batuan Gunungapi Kwartir Tua (Qv) yang disusun oleh lava andesit-basalt-tuf-breksi gunungapi, dan Batuan Gunungapi Kwartir Muda (Qhv) yang disusun oleh breksi-lava-tuf. Beberapa manifestasi yang keluar di daerah penelitian banyak dijumpai di Danau Suoh yang merupakan kontak antara satuan Aluvium dengan Produk Gunungapi Kwartir Tua, sedangkan pada daerah Gunung Sekincau, manifestasi banyak dijumpai di sekitar lereng gunung yang merupakan Satuan Batuan Gunungapi Muda Kwartir Sekincau.

Metode

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *input* data berupa *digital elevation map* Nasional (DEMNAS) yang diunduh dari laman <http://tides.big.go.id/DEMNAS/>. Data DEMNAS digunakan karena memberikan gambaran morfologi yang detail sehingga penarikan kelurusan di daerah penelitian memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan data DEM yang diunduh dari tempat lain (contoh: CGIARCSI, earthexplorer, dll). DEM Nasional dibangun dari beberapa sumber data meliputi data IFSAR (resolusi 5m), TERRASAR-X (resolusi 5m) dan ALOS PALSAR (resolusi 11.25m), dengan menambahkan data *Masspoint* hasil *stereo-plotting*, resolusi spasial DEMNAS adalah 0.27-arcsecond, dengan menggunakan datum vertikal EGM2008 [16]. Pemrosesan data DEMNAS dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Geomatica 2015 untuk mengekstrak penarikan kelurusan (*lineament*) secara otomatis dengan menggunakan parameter pada **Gambar 4**. Diagram alir pemrosesan data dirangkum pada **Gambar 5**. Ekstraksi kelurusan secara otomatis pada Geomatica 2015 memanfaatkan fungsi *Algorithm Librarian – Lineament Extraction*. Pada artikel ini, penulis tidak membahas algoritma yang digunakan oleh perangkat lunak tersebut dalam menarik kelurusan karena penulis hanya membutuhkan hasil dari kelurusan yang telah di ekstrak. Menurut penulis, fungsi *lineament extraction* di Geomatica 2015 yang digunakan telah memberikan hasil yang valid dengan memperhitungkan aspek-aspek geologi sehingga data tersebut dapat dipakai dan diproses lebih lanjut. Hasil ekstraksi kelurusan dapat dilihat pada **Gambar 2**.



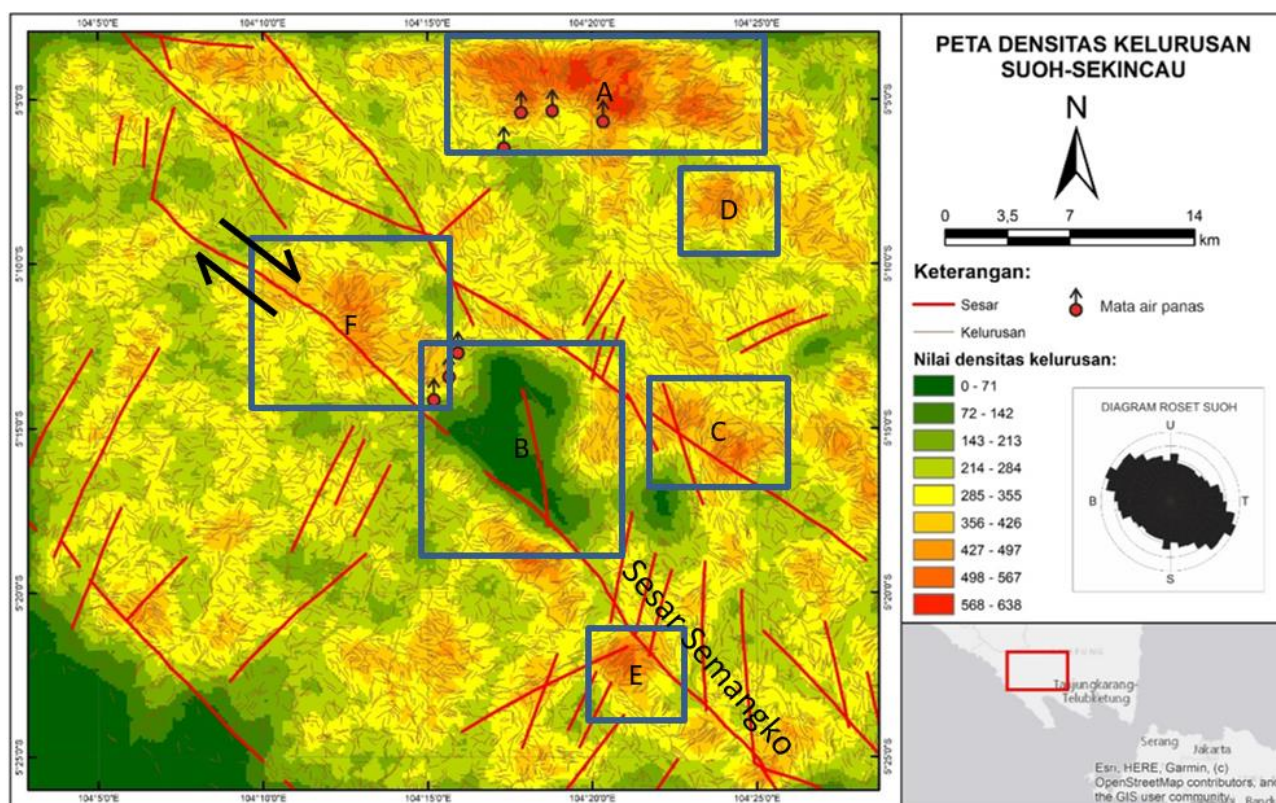
Gambar 4. Parameter yang digunakan untuk melakukan ekstraksi kelurusan otomatis pada perangkat lunak Geomatica 2015.



Gambar 5. Diagram alir pemrosesan data.

Peta densitas kelurusan memerlukan *input* data garis lurus berupa *single line*, sedangkan hasil ekstraksi kelurusan dari Geomatica 2015 berupa *polyline* sehingga kelurusan yang diekstraksi akan diproses lagi dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan mengubah kelurusan hasil ekstraksi menjadi *single line*. Hal ini dilakukan dengan menggunakan *tool split lineament* pada *toolbox* ArcGIS. *Split lineament* menghasilkan 20.343 garis lurus *single line* dengan panjang yang bervariasi (lihat **Gambar 2**). Tahapan berikutnya yaitu pembuatan peta densitas kelurusan dengan menggunakan *tool density map* yang ada pada *toolbox* ArcGIS. Hasil peta densitas kelurusan dapat dilihat pada **Gambar 6**. Peta tersebut nantinya akan dianalisis dan diinterpretasi lebih lanjut untuk melihat tingkat permeabilitas di daerah penelitian.

Selain peta densitas kelurusan, kelurusan yang telah dihasilkan juga digunakan untuk membuat diagram roset yang berguna untuk melihat arah dari sebaran kelurusan tersebut. Diagram tersebut dibuat dengan memperhitungkan panjang kelurusan pada arah tertentu



Gambar 6. Peta densitas kelurusan lapangan panas bumi Suoh-Sekincau.

yang dibandingkan dengan total kelurusan yang ada. Sebagai contoh untuk kelurusan pada arah $0-10^\circ$, maka perhitungan kelurusan adalah:

$$0 - 10^\circ = \frac{\sum \text{Panjang kelurusan pada arah } 0 - 10^\circ}{\sum \text{Panjang kelurusan total}} \times 100\%$$

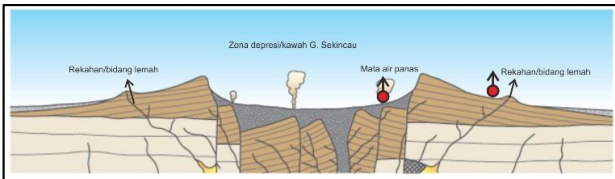
Rangkuman perhitungan kelurusan tersebut dituangkan pada suatu diagram roset yang dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan diagram roset yang telah dibuat, arah dari kelurusan di daerah penelitian dominan berarah barat laut-tenggara. Arah ini juga sesuai dengan arah dari tegasan utama Pulau Sumatera yang dikontrol oleh Sesar Besar Sumatera yang juga berarah barat laut-tenggara.

Hasil dan Pembahasan

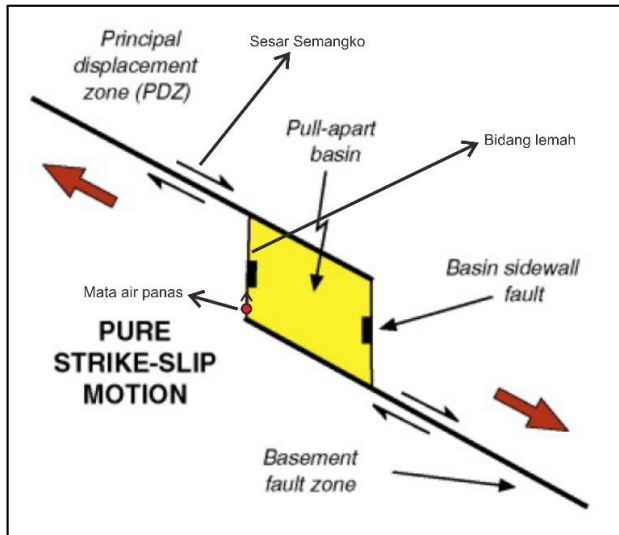
Data yang telah diolah dengan menggunakan perangkat lunak akan menghasilkan peta densitas kelurusan (Gambar 6). Peta densitas kelurusan tersebut digunakan untuk menginterpretasi permeabilitas di beberapa daerah penelitian. Nilai densitas yang tinggi dapat mengindikasikan bahwa daerah tersebut memiliki permeabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan daerah yang memiliki densitas lebih rendah. Dalam penelitian ini, penulis menginterpretasikan terdapat tiga

kelompok wilayah (lihat Gambar 6), yaitu wilayah dengan densitas tinggi (Wilayah A), densitas sedang (Wilayah C, D, E, F), dan densitas rendah (Wilayah B). Daerah yang memiliki densitas tinggi merupakan tempat yang memiliki permeabilitas baik sehingga daerah tersebut merupakan daerah tempat keluarnya manifestasi panas bumi (zona lemah). Hal tersebut didukung oleh data geologi bahwa pada daerah Gunung Sekincau (Wilayah A) yang tersusun oleh produk gunungapi dengan umur relatif muda yang banyak terdapat manifestasi mata air panas. Mata air panas yang keluar di sekitar Gunung Sekincau disebabkan oleh adanya bentukan kawah akibat erupsi Gunung Sekincau tua. Bentukan kawah tersebut menimbulkan struktur sesar normal di sekitar zona depresi kawah dan mengakibatkan terbentuknya kelurusan/rekahan di sekitar lereng gunung tersebut yang dapat dideteksi oleh citra satelit, sehingga menyebabkan tingginya densitas kelurusan di daerah tersebut (Gambar 7).

Lain halnya dengan wilayah A yang memiliki nilai densitas tinggi, wilayah B merupakan wilayah dengan densitas rendah. Zona lemah dapat terbentuk karena beberapa hal yaitu adanya struktur geologi primer (kekar kolom, kekar berlembar, kontak batuan, dll) maupun sekunder (lipatan, sesar, rekahan, dll). Kemunculan mata air panas



Gambar 7. Diagram skematik pembentukan kawah pada pusat erupsi Gunung Sekincau (modifikasi dari Lockwood dan Hazlett, 2010) [17].



Gambar 8. Diagram skematik pembentukan cekungan *pull-apart* beserta lokasi keluaran mata air panas di sekitar Danau Suoh (modifikasi dari Roberts, 2012) [18].

yang berada di sekitar Danau Suoh disebabkan karena zona lemah/rekahan yang terbentuk akibat struktur sesar mendatar yang merupakan segmen Semangko dan menghasilkan suatu cekungan yang bertipe *pull-apart* (**Gambar 8**). Mata air panas ini juga muncul pada kontak batuan antara Satuan Aluvium dengan Formasi Hulusimpang yang juga dapat menjadi bidang lemah.

Tinggi rendahnya densitas kelurusan di daerah penelitian dapat diasosiasikan dengan tingkat permeabilitas. Sehingga nilai densitas yang tinggi dapat dikatakan daerah tersebut memiliki permeabilitas yang relatif lebih baik dibandingkan dengan daerah lainnya. Daerah dengan permeabilitas yang baik juga dapat diinterpretasikan bahwa daerah tersebut merupakan daerah yang memiliki kemampuan untuk meresapkan air yang lebih baik dibandingkan daerah sekitarnya.

Selain itu, pada wilayah dengan densitas sedang (D, E, F) merupakan daerah yang memiliki permeabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan wilayah B namun tidak memiliki keluaran manifestasi, hal ini dapat disebabkan bahwa daerah tersebut berada di luar dari batas sistem

geotermal di Suoh-Sekincau. Manifestasi dari permeabilitas tersebut juga dapat dilihat dari struktur geologi yang ada di lapangan, pada daerah E dan C banyak terdapat sesar yang terpetakan oleh peta regional (lihat **Gambar 6**) sehingga dapat disimpulkan bahwa daerah tersebut memiliki permeabilitas yang cukup baik.

Kesimpulan dan Saran

Analisis *lineament density* yang dilakukan pada Suoh-Sekincau menunjukkan bahwa Wilayah A (Gunung Sekincau) memiliki nilai densitas kelurusan yang tinggi yang merupakan daerah dengan permeabilitas baik. Selain itu, beberapa daerah di sekitarnya memiliki nilai densitas kelurusan yang sedang seperti Danau Suoh dan Bukit Penetoh.

Ground-checking diperlukan dalam penelitian ini sehingga dapat membuktikan bahwa daerah yang memiliki nilai densitas tinggi berasosiasi dengan struktur geologi yang tinggi di lapangan.

Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan untuk dideklarasikan.

Daftar Pustaka

- [1] R. P. Gupta, *Remote Sensing Geology*, 3 ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2018.
- [2] D. T. Hodder, "Application of remote sensing to geothermal prospecting," *Geothermics*, vol. 2, hlm. 368–380, Jan 1970.
- [3] F. van der Meer, C. Hecker, F. van Ruitenbeek, H. van der Werff, C. de Wijkerslooth, dan C. Wechsler, "Geologic remote sensing for geothermal exploration: A review," *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation*, vol. 33, hlm. 255–269, Des 2014.
- [4] E. Z. Gaffar, "Remote sensing application on geothermal exploration," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1554, no. 1, hlm. 261–264, Sep 2013.
- [5] L. Han, Z. Liu, Y. Ning, dan Z. Zhao, "Extraction and analysis of geological lineaments combining a DEM and remote sensing images from the northern Baoji loess area," *Adv. Space Res.*, vol. 62, no. 9, hlm. 2480–2493, Nov 2018.
- [6] I. A. Nugroho, B. Kurniawahidayati, R. S. Mulyana, dan A. Saepuloh, "Preliminary determination of geothermal working area based on Thermal Infrared and Synthetic Aperture Radar (SAR) remote sensing," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 103, hlm. 012017, Des 2017.
- [7] L. M. Ramírez-González dkk., "Remote sensing of surface Hydrothermal Alteration, identification of Minerals and Thermal anomalies at Sveifluháls-Krýsuvík high-temperature Geothermal field, SW Iceland," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 254, hlm. 012005, Apr 2019.
- [8] K. E. Salamba, A. N. H. Hede, dan M. N. Heriawan, "Identification of alteration zones using a Landsat 8 image of densely vegetated areas of the Wayang Windu Geothermal field, West Java, Indonesia," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 254, hlm. 012004, Apr 2019.
- [9] F. Pirajno, *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*. Springer Science & Business Media, 2008.
- [10] M. P. Hochstein dan S. Sudarman, "History of geothermal exploration in Indonesia from 1970 to 2000," *Geothermics*, vol. 37, no. 3, hlm. 220–266, Jun 2008.

- [11] PSDMBP, *Potensi Panas Bumi Indonesia*, vol. 1. Jakarta: Direktorat Panas Bumi, Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2017.
- [12] L. co developer, "Potensi Panas Bumi di Suoh Makin Terbuka," *LAMPOST.CO - PORTAL BERITA LAMPUNG TERKINI*, 25-Jan-2018. [Daring]. Tersedia pada: <http://www.lampost.co/berita-potensi-panas-bumi-di-suoh-makin-terbuka>. [Diakses: 10-Okt-2019].
- [13] A. J. Barber, M. J. Crow, dan J. S. Milsom, *Sumatra : geology, resources and tectonic evolution*, vol. 31. London, UK: Geological Society of London, 2005.
- [14] H. Fossen, *Structural Geology*. Cambridge University Press, 2010.
- [15] T. C. Amin, S. Sidarto, dan W. Gunawan, "Peta Geologi Lembar Kotaagung, Sumatera skala 1:250.000," Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1993.
- [16] "DEMNAS." [Daring]. Tersedia pada: <http://tides.big.go.id/DEMNAS/>. [Diakses: 06-Jul-2019].
- [17] J. P. Lockwood dan R. W. Hazlett, *Volcanoes: Global Perspectives*. Wiley, 2010.
- [18] D. G. Roberts, *Regional Geology and Tectonics: Principles of Geologic Analysis*. Elsevier, 2012.